

Die oberliassische "Schwarze Kreide" von Vehrte bei Osnabrück

Dorn, Paul

Veröffentlicht in:
Abhandlungen der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft Band 7, 1955, S. 20-35



Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig

Die oberliassische „Schwarze Kreide“ von Vehrte bei Osnabrück

Von Paul Dorn

Mit 4 Abbildungen

Summary: North of Osnabrück, Germany, the Oil Slate of the upper Lias is found in the form of "Black Chalk", the characteristic feature of which is the intense sooty stain, due to its free carbon. Furthermore, it is gravimetric free from lime and contains a relatively high percentage of more than 12% of TiO_2 . This "Black Chalk" was formed by post- respectively crypto-volcanic- and hydro-thermal processes which developed as a result of the Tertiary sub-volcanism in the area of the Bramsche Caledonian high.

Zusammenfassung

Nördlich Osnabrück tritt der oberliassische Ölschiefer in Form der „Schwarzen Kreide“ auf. Charakteristisch für diese ist ihre infolge freien Kohlenstoffs stark rußige Abfärbung, ihre \pm vollkommene Entkalkung sowie ihr relativ hoher TiO_2 -Gehalt von maximal über 12%. Die „Schwarze Kreide“ ist durch post- bzw. kryptovulkanische hydrothermale Prozesse entstanden, die sich im Gefolge des tertiären Subvulkanismus im Bereiche des kaledonischen Bramscher Schweremassivs entwickelten.

Inhaltsverzeichnis

1. Stratigraphische Erörterungen	21
2. Verbreitung der „Schwarzen Kreide“	23
3. Petrographische Erörterungen	25
4. Chemische Betrachtungen	26
5. Die Entstehungsverhältnisse der „Schwarzen Kreide“	28
6. Folgerungen	33
7. Schriftenverzeichnis	34

Sieht man von einigen wenigen litoralen Sandsteineinschaltungen ab, so besitzen die oberliassischen Ölschiefer Mitteleuropas eine überall gleichbleibende Fazies. Es sind hauptsächlich dunkelgraue, dünnblättrige bituminöse Mergelschiefer, untergeordnet Tonmergellagen sowie einige eingeschaltete Mergelkalkbänke. Die einzige Ausnahme bei der überall in Mitteleuropa so gleichartigen Gesteinsausbildung dieser Schichtfolge bildet die seit *W. Trenkner* (1872–1882) und *C. Stieler* (1923) bekannt gewordene „Schwarze Kreide“ von Vehrte, nördlich Osnabrück. Seit über 50 Jahren wird diese, analog wie Graphitgneis tiefschwarz abfärbende „Kreide“ als Farberde abgebaut.

Wohl unter dem Einfluß der Veröffentlichung von *C. Stieler* ging ich mit der Auffassung an die Bearbeitung der „Schwarzen Kreide“, daß es sich bei dieser um eine primäre bzw. primärdiagenetisch entstandene Fazies der oberliassischen Posidonienschiefer handele. Bereits bei den Geländeuntersuchungen*) bekam ich in dieser Hinsicht mehr und mehr Zweifel.

*) Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich herzlichst dafür, daß sie mir durch Bereitstellung eines Forschungsstipendiums die Geländeuntersuchung ermöglicht hat.

1. Stratigraphische Erörterungen

Die nähere stratigraphische Aufgliederung der dem Quenstedtschen Lias Epsilon entsprechenden Posidonienschiefer in 6 Zonen ging von Nordwestdeutschland aus. Dort war es *A. Denckmann* 1887 möglich gewesen, mittels Ammoniten die Posidonienschiefer vom Hangenden zum Liegenden aufzuteilen

1. in die Zone des *Hildoceras bifrons*,
2. in die Zone des *Harpoceras capellinum*,
3. in die Zone des *Harpoceras boreale*,
4. in die Zone des *Harpoceras elegans*,
5. in die Zone des *Harpoceras capillatum*,
6. in die Zone des *Lytoceras siemensii* und des *Harp. schroederi*.

So schön auch diese Zonenaufgliederung aussieht, nur die unterste und vor allem die oberste Zone erweist sich streckenweise als so reich an Zonenammoniten und an anderen für diese Zone kennzeichnenden Ammoniten, daß diese Zonen relativ leicht auszuscheiden sind. Bei den übrigen Zonen hingegen ist dies wegen fehlender Fossilien kaum möglich.

Der Beginn der dem obersten Lias Epsilon entsprechenden Bifronszone ist, wie in Süddeutschland, durch die Monotisbank (*Pseudomonitis substriata* Mnstr.) gekennzeichnet. Ähnlich den süddeutschen Verhältnissen beobachtet man auch zuweilen in Nordwestdeutschland, daß in der Monotisbank *Dactylioceras* und *Coeloceras* in Menge auftreten können und daß bereits *Hildoceras bifrons* Brug. vereinzelt hier vorkommt, mag auch sein Hauptlager höher liegen. Dazu kommt noch, daß die in den Kalkbänken der Bifronszone sich findenden Ammoniten formenmäßig gut erhalten und damit gut bestimmbar sind, hingegen diejenigen in den übrigen Zonen des Lias Epsilon, soweit sie nicht in stellenweise vorhandenen Geoden sich finden, so platt gedrückt sind, daß ihre genaue Bestimmung auch für einen erfahrenen Kenner zumeist nur mit großem Vorbehalt durchführbar ist.

Sieht man von den Ammoniten ab, so finden sich in den nordwestdeutschen Posidonienschiefern drei für diese kennzeichnende Muscheln. *Posidonia bronni* Goldf., die der Schichtenfolge den Namen gegeben hat, findet sich fast nur in der Variation *parva*. Zwar ist ihr Vorkommen auf Oberepsilon konzentriert, in Einzelexemplaren tritt sie aber schon im Unter- und Mittelepsilon auf. Dies gilt auch für *Inoceramus dubius* Sow.; diese Muschel findet sich schon in den Liegendzonen der Posidonienschiefer, ist aber in Nordwestdeutschland nicht auf die Schichtfolge des Lias Epsilon beschränkt, sondern reicht da und dort im Lias Zeta hinauf bis in die *Striatulum*zone, ja stellenweise (Aufschluß Dehme) sogar bis in die Dispansumzone der Jurensisschichten.

Die an sich häufigste Muschelart der Posidonienschiefer Nordwestdeutschlands ist wie im süddeutschen Toarcien *Pseudomonitis substriata* Mnstr. Ist doch diese Muschel hier wie dort streckenweise dicht über der Liegendgrenze der Bifronszone so angereichert, daß die dort vorhandene Kalkbank, die aus ein oder mehreren durch Schiefer getrennten Platten besteht, als *Pseudomonitis*bank eine der stratigraphisch wichtigsten und konstantesten Lagen der Posidonienschiefer von ganz Zentraleuropa anzusehen ist. Wie in Süd-, so ist es auch in Nordwestdeutschland, daß in dieser Bank die Schalen der

Pseudomonitis substriata vorwiegend nach oben gewölbt vorkommen und daß die linken Klappen bei weitem vorherrschen. So konstant auch stratigraphisch die Monotiskbank an der Grenze vom Mittel- zu Oberepsilon allenthalben liegt, so verfehlt wäre es doch andererseits, *Pseudomonitis substriata* als Zonenfossil zu betrachten, findet sie sich doch auch bereits in manchen Kalkbänken des Unter- wie des Mittelepsilon recht häufig und reicht, wie schon *F. Heidorn* (1928, S. 125) in seinem Profil Schlewecke zeigen konnte, in vereinzelt Exemplaren sogar bis zur Hangendgrenze der Dörntener Schichten des Lias Zeta.

Vielfach besteht die Auffassung, daß der stratigraphische Begriff Posidonienschiefer mit der vertikalen Verbreitung der Ölschieferfazies zusammenfalle. Für die Liegendgrenze zu den Amaltheentonen hin ist dies auch tatsächlich der Fall. Anders aber ist dies an der Hangendgrenze vom Lias Epsilon. Analog den Verhältnissen in Süddeutschland, wo man die bituminöse Schieferfazies lokal noch in den tieferen Zonen des Lias Zeta antreffen kann, geht auch in Nordwestdeutschland die Ölschieferfazies des Epsilon vereinzelt (z. B. Tagebauaufschluß der Grube Georg Friedrich bei Dörnten, Aufschlüsse bei Falkenhagen) bis zur Hangendgrenze der Dörntener Schichten.

Über den Oberen Lias von Vehrte hat *Stieler* (1923) ein durchgehendes Profil von den Amaltheentonen bis ins Mittlere Zeta veröffentlicht. Die seinerzeit *Stieler* zur Verfügung stehenden Gruben sind restlos verwachsen und verschüttet. 1 km westlich davon, in einer zur Zeit im Abbau befindlichen Grube, konnte ich 1952 ein weiteres Profil aufnehmen. Es beginnt wenige Meter über den Amaltheentonem und reicht hinein bis in Lias Zeta. Das aufgenommene Profil mit den dabei gefundenen Fossilien wurde mit den *Stieler*-schen Angaben stratigraphisch-palaeontologisch verglichen. Es war mir nicht möglich, eine Synchronisierung beider Profile durchzuführen. Da im Gegensatz zu *Stieler*s Auffassung es sich im Verlaufe meiner Untersuchungen zeigte, daß die Problematik der Vehrter „Schwarzen Kreide“ nicht in den primären Sedimentationsverhältnissen liegt und damit auch nicht auf dem stratigraphischen Sektor, ist die Unmöglichkeit der stratigraphischen Feinparallelisierung der beiden Profilaufnahmen nicht weiter tragisch.

Die Schwarzkreidefazies setzt im Liegenden ein mit dem Beginn der Posidonienschiefer. Die Siemensis-Schroederi-Lage konnten weder *Stieler* noch ich wegen des Fehlens von Aufschlüssen in diesen stratigraphischen Höhenlagen bei Vehrte nachweisen.

Bei der petrographischen Eintönigkeit der „Kreide“ bis hinauf zur Hangendgrenze war es *Stieler* und mir nur ganz subjektiv möglich, einzelne Schichtlagen profilmäßig gegeneinander abzugrenzen. Eine Ausnahme hatte man nur dort, wo durchgehende einstige Geodenlagen vorhanden waren. Die vorgefundenen Fossilien waren zudem allenthalben so schlecht erhalten, daß mir eine derart genaue Fossilbestimmung, wie sie *Stieler* in seiner Arbeit angibt, unmöglich erscheint. Eine Ausnahme bilden nur Fossilien, die in den Hangendpartien einer älteren Grube nordöstlich Vehrte in Kalkbänken über „Schwarzer Kreide“ gefunden wurden. Der Kalk ist dort schwarzgrau und erfüllt von *Pseudomonitis substriata*; daneben fanden sich viele Exemplare von *Dactyloceras* cfr. *athleticum* Simps. und von *Coeloceras* cfr. *crassum* Y et B. Nach *Stieler* geht die „Schwarze Kreide“ von Vehrte stratigraphisch

hinauf bis in die Striatulumzone, also bis zur Hangendgrenze der Dörntener Schichten. Dies stimmt auch überein mit Ammonitenfunden, die *W. Ernst* bei Vehrte gemacht hat sowie mit den daraus gezogenen stratigraphischen Folgerungen von *Ernst* über die stratigraphische Eingliederung der Hangendfolge der „Schwarzen Kreide“. Eine eigene Stellungnahme zu diesem Fragenkomplex kann ich nicht geben, da zur Zeit die Aufschlußverhältnisse bei Vehrte an der Hangendgrenze der dortigen „Schwarzen Kreide“ zu schlecht sind.

Betrachtet man die aus der Vehrter „Kreide“ bekannt gewordenen Fossilien, so sieht man, daß es die gleichen Formen sind, die auch anderwärts in den Posidonienschiefern Nordwest- und Süddeutschlands vorkommen. Faunistisch zeigt also die Vehrter „Schwarze Kreide“ keinerlei Unterschiede zu sonstigen gleichaltrigen Ablagerungen des Toarcien. In palaeobiologischer Hinsicht nimmt das Gebiet von Vehrte keine Sonderstellung ein. Der Fossilinhalt der Vehrter „Schwarzen Kreide“ ist somit für die Beantwortung der Frage nach der Entstehung dieses Gesteins nicht verwertbar.

2. Verbreitung der „Schwarzen Kreide“

Seit durch *W. Trenker* und *C. Stieler* die Vehrter „Schwarze Kreide“ in Geologenkreisen bekannt geworden ist, findet man in der Literatur über das Gebiet zwischen Wiehengebirge und Teutoburger Wald, insbesondere in den Erläuterungen zu den geologischen Kartenblättern, immer wieder Hinweise, daß da und dort die oberliassischen Ölschiefer in der Ausbildung der „Schwarzen Kreide“ vorkommen. Alle in Frage kommenden Stellen habe ich untersucht und dabei den Eindruck erhalten, daß vielfach schon eine schwarzgraue Farbe der Posidonienschiefer Anlaß gegeben hat, von „Schwarzer Kreide“ zu sprechen, mögen auch die beiden anderen äußerlich ins Auge fallenden Charakteristika der Vehrter typischen „Schwarzen Kreide“, nämlich die schwarze Abfärbung und die mehr oder weniger vollständige Entkalkung, fehlen. Die schwarzgraue Färbung allein genügt aber nicht, nachdem normale Posidonienschiefer Nord- und Süddeutschlands in bergfeuchtem Zustande lagenweise gleiche Färbung besitzen können.

Die Geländeaufnahmen ergaben, daß oberflächlich nirgends die Lias-Epsilon-Schiefer in so typischer „Schwarze-Kreide“-Ausbildung auftreten wie speziell bei Vehrte, daß jedoch an einigen Stellen gegenüber der Normalfazies deutliche Veränderungen erkennbar sind. So sind die Schiefer im Bahneinschnitt von Hörne südöstlich Osnabrück wie auch von Ebbendorf (Bl. Osnabrück) zwar lagenweise vollkommen kalkfrei und tiefschwarz, jedoch nicht abfärbend. Dieses Gestein als „Schwarze Kreide“ anzusprechen, wie es *W. Haack* in den Erläuterungen zu Bl. Osnabrück getan hat, ist wohl nicht vertretbar. Gleiches gilt für die Posidonienschiefer am Dorfrand von Wellingholzhausen auf Kartenblatt Borgholzhausen. Die nordwestlich Iburg (Bl. Iburg) nur schlecht erschlossenen oberliassischen Schiefer sind zwar tiefschwarz, aber kalkig. Die zwischen Stift Quernheim und Büttendorf (Bl. Quernheim) austreichenden oberen Posidonienschiefer bestehen aus einer Wechselfolge von tiefschwarzen, jedoch lagenweise etwas abfärbenden Mergelschiefen und erdigen Mergeltonen sowie einigen ebenfalls schwarzgrauen Mergelkalkbänken. Eine Analyse eines tiefschwarzen, schwach abfärbenden Mergel-

schiefers von Stift Quernheim ergab einen $\text{CaO} + \text{MgO}$ -Gehalt von zusammen 8,16% und einen TiO_2 -Gehalt von 3,84%. Immer wieder wird als „Schwarze Kreide“ in der Literatur (v. See 1910, W. Ernst 1923, Grupe 1933) der oberliassische Schiefer von Dehme nahe der Porta (Kartenblatt Minden) erwähnt. Heute kaum mehr erschlossen, handelt es sich um tiefschwarze, etwas abfärbende Mergeltone und Mergelbänke. Bei ihnen wie bei den Vorkommen von Iburg, Hörne, Ebbendorf, Stift Quernheim kann man zwar nicht 100%ig

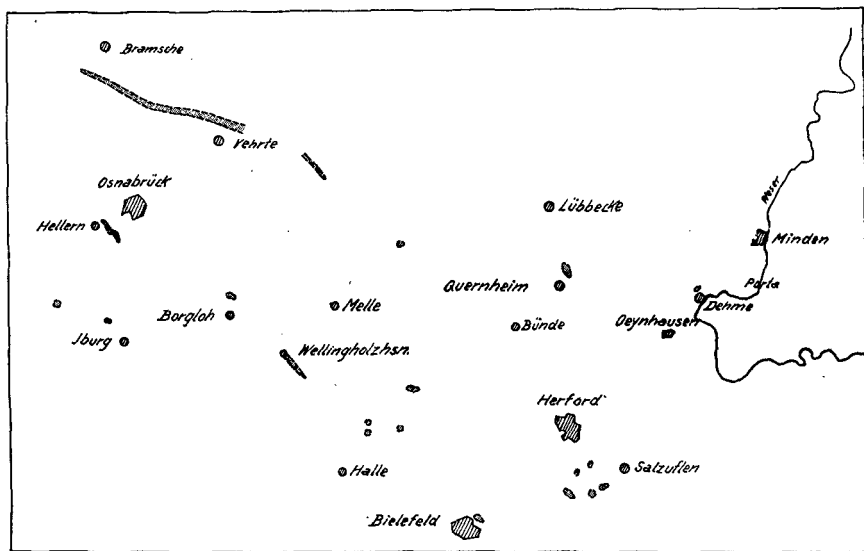


Abb. 1. Der Ausstrich der oberliassischen Ölschiefer zwischen Teutoburger Wald und dem Wiehengebirge

von „Schwarzer Kreide“ wie bei Vehrte sprechen. Eine gewisse Ähnlichkeit mit der „Schwarzen Kreide“ und damit analoge, wenn auch nicht so vollkommen sich auswirkende Entstehungsbedingungen sind sicher auch hier gegeben.

Sieht man von diesen Oberflächenaufschlüssen ab, so sind nach Forche (in Teichmüller 1950) in der nördlich Vehrte gelegenen Bohrung Kalkriese die oberliassischen Ölschiefer ebenfalls in Schwarzkreideausbildung angetroffen worden. Auch in der Bohrung Salzbergen-Heidfeld 1 im Emsland ist nach freundlicher Mitteilung von J. Wolburg gekernter Lias Epsilon schwarzkreideartig abfärbend.

Es ist in keiner Weise unmöglich, daß man noch öfters bei Erdölbohrungen im Raume nördlich des Wiehengebirges, also über dem Bramscher Massiv, Ölschiefer in Schwarzkreideausbildung antreffen wird, denn für deren Entstehung sind geologische Faktoren maßgebend, die auch anderwärts da und dort über dem Bramscher Massiv vorhanden gewesen sein können. Interessant ist weiterhin, daß man in der Bohrung Voltlage 1 nördlich Ibbenbüren auch die Ölschiefer des Lias Alpha 3 (Teichmüller 1950) in Vehrter Kreideausbildung antraf.

3. Petrographische Erörterungen

Bei der Vehrter „Schwarzen Kreide“ fallen einem makroskopisch zwei charakteristische Eigenschaften auf. Die eine ist die tiefschwarze Abfärbung des Gesteins, wie man sie eigentlich nur vom Graphitgneis her kennt, die andere ist die mehr oder weniger vollständige Entkalkung. Schon *Stieler* wies darauf hin, daß in der „Schwarzen Kreide“ nicht nur alle Schalen der Muscheln aufgelöst sind, sondern daß von den Belemniten nur noch die Hohlräume sich finden, an deren Wänden vielfach Pyritkristalle ausgeschieden sind. Auch das Gestein selbst zeigt nach den Analysen eine \pm restlose Entkalkung. Die ab und zu in der Schichtfolge zu findenden einstigen Toneisensteingeoden wie -lagen sind vollkommen in hellgraue plastische Lehme verwandelt.

Makroskopisch auffallend sind noch die zahlreichen, gewöhnlich in Drusen auftretenden und ideal ausgebildeten Pyritwürfelchen, deren Kantenlänge nicht größer als maximal 1 bis 2 mm sind. Neben Drusen von Pyrit sind in den Geoden auch ab und zu Kristalle von Quarz zu finden. Aus der unter der Einwirkung von Atmosphärien vor sich gegangenen Zersetzung größerer Pyritkonkretionen entstanden in jüngster Zeit Eisenvitriolkrusten und Schwefelsäure, die zur Bildung von Eisenaluminiumalaun führten. Neubildungen kleiner Gipskristalle sind ab und zu erkennbar, sind aber selten; es ist dies nicht weiter verwunderlich, da ja im Gestein kaum Kalk vorhanden ist.

Unbefriedigend waren die Dünnschliffuntersuchungen, da in der fast völlig undurchsichtigen, wenn auch jahresringartig aufgebauten Grundmasse nur kleinste Quarzplitterchen von 10–20 μ Größe erkennbar waren, ab und zu feinste Muskovitschüppchen und kleinste, schon von *Stieler* erwähnte Pyritkonkretionen von wenigen μ Größe. *Gothan* stellte kleinste, als Holzkohle erhaltene Koniferenholzreste fest.

Von zwei Profilproben (je Ausgangssubstanz Fraktionen von je 0,10, 0,05, 0,02, 0,01 mm \varnothing sowie Fraktionen nach je 15, 24 und 72 Stunden Sedimentierung) wurden im Mineralogischen Institut Kiel unter Leitung von Professor *Leonhardt**) in der gewöhnlichen Debey-Scherer-Kammer und in der Guinier-Kammer Pulverfotogramme aufgenommen und ausgewertet. Bei beiden Ausgangssubstanzen wurde Quarz und Illit-Muskovit festgestellt sowie bei der einen Probe sehr fein verteilter Goethit („höchstwahrscheinlich“). Während in der einen Fraktionsreihe keinerlei Kalkspat vorhanden war, war dies bei den Proben der anderen Reihe in manchen Fraktionen zum Teil der Fall. Hier konnte bei einer Fraktionsprobe auch etwas Feldspat festgestellt werden. Bei einer nach 72 Stunden erfolgten Sedimentierung tritt bei der einen Probe neben Illit-Muskovit noch ein anderer Glimmer mit etwas größerem Korn auf.

Organische Substanz ist nach den Röntgenuntersuchungen in beiden Ausgangsproben vorhanden, ebenso bei der einen Probe in den Kornfraktionen 0,05, 0,02 und 0,01 („schwach“); bei der anderen Probe in den Fraktionen 0,02 und 0,01. Fraglich ist es, ob sie in den nach 24 Stunden erhaltenen Sedimentierungsprodukten vorhanden ist. Organische Substanz fehlt bei der

*) Herrn Professor Dr. *Leonhardt*-Kiel möchte ich meinen herzlichsten Dank aussprechen, daß er Proben von „Schwarzer Kreide“ röntgenographisch in seinem Institut untersuchen ließ.

Fraktion 0,10 mm und bei der einen Probe in Fraktion 0,05 m. Ebenso fehlt sie bei der einen Probe in den nach 24 und 72 Stunden erhaltenen Sedimentierungsprodukten. Für die Sedimentierungsprodukte der anderen Probe lagen keine Angaben über den Gehalt an organischer Substanz vor. Ob man aus diesen so auffallenden Ergebnissen über das Auftreten der organischen Substanz innerhalb der „Schwarzen Kreide“ weitergehende Folgerungen ziehen kann, etwa in der Art, daß die organische Substanz nur in bestimmten Korngrößen auftritt, sei dahingestellt. Das untersuchte Material scheint mir hier zu klein zu sein, zudem können gewisse Faktoren, die hier nicht berücksichtigt und erfaßt werden konnten, wie etwa spezifisches Gewicht, Form der Einzelkörner u. a. bei der Aufgliederung der Schlämmentersuchungen in die einzelnen Fraktionen eine nicht unwesentliche Rolle gespielt haben. Die organische Substanz der „Schwarzen Kreide“ bedingt jedenfalls deren rußig-schwarz abfärbende Beschaffenheit. Ob letztere allein durch den auf Holzkohlenfragmente zurückzuführenden freien C erklärbar ist oder durch den in der „schwarzen Kreide“ insgesamt vorhandenen C von rd. 13%, war nicht zu entscheiden.

4. Chemische Betrachtungen

Nach den *Stieler* zur Verfügung gestandenen chemischen Untersuchungen ist in der Vehrter „Schwarzen Kreide“ kein Bitumen enthalten, wohl aber rd. 5% freier Kohlenstoff. Letzterer ist auf Grund *Gothanscher* Schliffuntersuchungen auf Koniferenholzreste, die als Holzkohle erhalten sind, zurückzuführen, zum Teil auch auf Abbauprodukte einstiger Bitumina, da die „Schwarze Kreide“ vor ihrer Umbildung sicherlich nicht unwesentliche Mengen von Bitumen enthalten hat. Nach zwei mir von der Firma Gösling, Vehrte, zur Verfügung gestellten Schwelkoksanalysen, die bei der Georg-Marienhütte im Jahre 1922 durchgeführt worden sind, hatten die beiden untersuchten Proben von „Schwarzer Kreide“ insgesamt einen Kohlenstoffgehalt von 13,11 und 13,34%. Bei einem Schwelversuch mit luftgetrocknetem Material bei Erhitzen auf 530° erhielt man 1,6% Teer. Der Gehalt an Gesamtkohlenstoff stimmt überein mit zwei anderen Analysen aus dem Jahre 1935, die im chemisch-technologischen Laboratorium der landwirtschaftlichen Untersuchungsstelle Osnabrück ausgeführt worden sind und 13,1 bzw. 13,4% C enthielten.

Zehn neue Analysen von stratigraphisch verschiedenen Proben von „Schwarzer Kreide“ wurden auf meine Bitte hin im chemisch-technologischen Institut der Technischen Hochschule Braunschweig (Professor Dr. *Kroepelin*) von Herrn Dipl.-Chemiker Dr. *Ebbigt* gemacht. Sie bestätigten die fast völlige Entkalkung des Gesteins (vgl. Abb. 2).

Der nach diesen Analysen vorhandene S-Gehalt von insgesamt 0,37 bis 4,31% ist nach der Schwelanalyse in geringem Maße als elementarer Schwefel vorhanden, in der Hauptsache aber im Pyrit gebunden und in den aus dessen Zersetzung entstandenen schwefelsaurem Eisenoxydul bzw. Eisenoxyd sowie in dem bei dem geringen Kalkgehalt nur in ganz unbedeutenden Mengen vorhandenen Gips.

Die große Überraschung der neuen Analysen war das Vorhandensein eines überaus hohen Titangehaltes in der Vehrter „Schwarzen Kreide“. Der Titan-

oxydgehalt betrug bei den einzelnen stratigraphisch entnommenen Proben in der Gesamtanalyse (der TiO_2 -Gehalt der Asche ist jeweils dahinter in Klammer gesetzt): 4,7% (6,08%), 6,3% (8,35%), 8,78% (12,26%), 3,77% (4,80%), 8,38% (12,10%), 2,45% (3,00%), 12,24% (18,16%), 3,39% (4,83%), 3,65% (4,96%). Bei einer Mergelschieferprobe, die ich einem Aufschluß bei Stift Quernheim entnahm, und die bei schwacher Abfärbung relativ kalkreich (8,16% $\text{CaO}+\text{MgO}$) war, wurde ein TiO_2 -Gehalt von 3,84% (4,69%) fest-

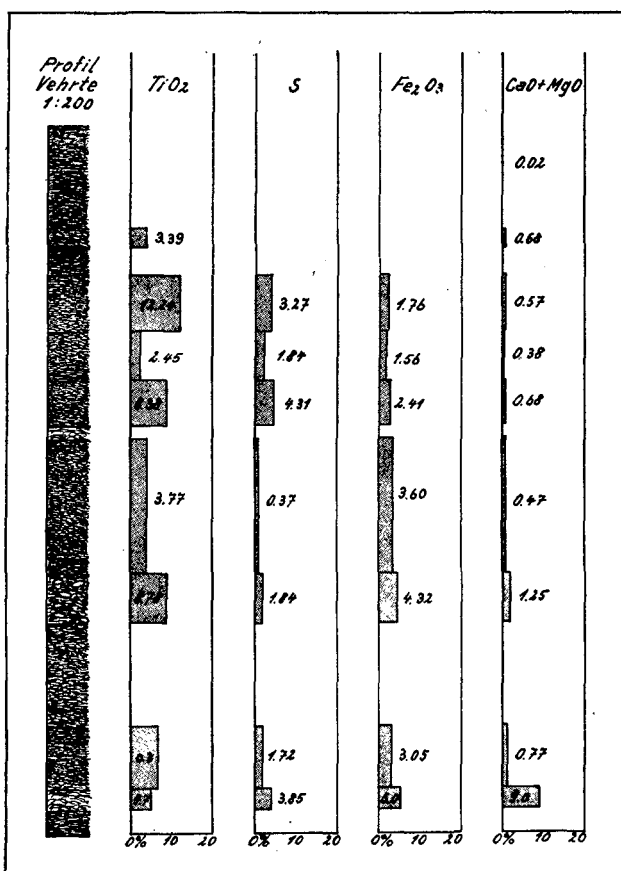


Abb. 2. Der Titan-, Schwefel-, Eisen- und Kalkgehalt der Vehrter „Schwarzen Kreide“

gestellt. Vergleichsweise beträgt nach *Clarke* (1924) der TiO_2 -Gehalt toniger Gesteine im Mittel 0,65% und nach den Angaben im Band „Titan“ von *Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie* (1951, S. 33) bei bituminösen Gesteinen verschiedener Herkunft im Mittel 0,07% Ti. Über den Ti-Gehalt deutscher oberliassischer Ölschiefer hat *H. Schneiderhöhn* (1949) Untersuchungen durchführen lassen. Sie zeigten, daß in den Schiefern die höchsten Titanwerte (750 g/t = 0,1%) liegen, in den Kalken Ti kaum mehr nachweisbar

ist. Aus Südluxemburg veröffentlichte *G. Faber* (1947, S. 42) drei Vollanalysen von Posidonienschiefer, die 0,52%, 0,64% und 0,68% TiO_2 aufweisen.

Irgendwelche Titanmineralien sind bisher aus den stellenweise an Mineralien so reichen Klüften und Geoden des Osnabrücker Raumes nicht bekannt geworden. Bei Vehrte waren in der „Schwarzen Kreide“ weder makro- noch mikroskopisch Titanmineralien nachweisbar. Bei den Röntgenuntersuchungen der Proben 6 und 7, die in den quantitativen Gesamtanalysen einen TiO_2 -Gehalt von 8,38% bzw. 2,45% hatten, war zwar nach Mitteilung von Professor Dr. *J. Leonhardt-Kiel* „Ti zweifellos vorhanden“, es konnte aber kein eigenes Titanmineral festgestellt werden. Dies spricht m. E. dafür, daß, wie da und dort, auch in der Vehrter Kreide das Titan in den Sulfiden, also hier im Pyrit getarnt vorkommt, denn Ilmenit, an den man als evtl. mögliches Titanmineral denken könnte, wäre ja wohl nicht zu übersehen gewesen. Freilich restlos befriedigt diese Annahme nicht; denn vergleicht man den in Abb. 2 angegebenen S-Gehalt der Gesamtanalysen der einzelnen Proben und damit deren Pyritgehalt mit der festgestellten TiO_2 -Menge, so scheint es mir, daß für eine „Tarnung“ des Titans im Pyrit insgesamt von diesem zu wenig vorhanden ist.

5. Die Entstehungsverhältnisse der „Schwarzen Kreide“

Mit den Entstehungsbedingungen der Vehrter „Schwarzen Kreide“ hat sich als erster Forscher *C. Stieler* befaßt. Nach ihm waren für die petrographische Eigenart der „Schwarzen Kreide“ die speziellen palaeogeographischen Verhältnisse bei Vehrte zur Zeit des oberen Lias von Bedeutung. Die „Schwarze Kreide“ soll nach ihm in einer besonders tiefen Senke sedimentiert worden sein. Neben diesen primären Vorbedingungen sollen andererseits nach *Stieler* auch sekundär diagenetische Prozesse bei der Ausbildung der „Schwarzen Kreide“ eine Rolle gespielt haben. Diese diagenetischen Veränderungen haben nach ihm in der „Schwarzen Kreide“ zur Entkalkung derselben geführt, zum Abbau der Bitumina, zur Ausscheidung von Pyrit in Drusen und von Quarz in Geoden.

Ausgehend von der Verquarzung und der Schwefelkiesneubildung bei Geoden verschiedenster Jurastufen des Wiehengebirges kam *A. Kumm* (1941) zu der Auffassung, daß auf Verwerfungsspalten aufgestiegene kohlenensäurehaltige Thermalwässer in der Nachbarschaft eine „gründliche Umwandlung“ bewirkt haben, wobei der „Blättersonmergel“ des Oberen Lias vollständig entkalkt, der „Bitumengehalt karbonisiert“ und der Pyritgehalt stellenweise angereichert worden ist.

Zehn Jahre später streiften im Zusammenhang mit der Frage der Zunahme der Inkohlung der Karbon- und der Wealdenkohle im Osnabrücker Raum *M. und R. Teichmüller* (1951) auch die Entstehungsverhältnisse der Vehrter „Schwarzen Kreide“. Sie kamen zu der Auffassung, daß die Metamorphose der Kohle wie die Bildung der „Schwarzen Kreide“ auf Wärmeeinwirkung eines jungen Magmenaufstieges zurückzuführen ist, eine Ansicht, welche ohne zusätzliche eigene Untersuchung *K. Hofmann* (1952) übernommen hat. Um die Frage nach der Entstehung der Vehrter „Schwarzen Kreide“ zu klären, muß hier etwas weiter ausgeholt werden.

Durch die gravimetrischen und magnetischen Aufnahmen der 30er Jahre ist bekanntgeworden, daß zwischen der Porta und der Gegend von Rheine ein Schwere- bzw. magnetisches Hoch liegt, das unter dem Namen Bramscher Massiv Eingang in die Literatur gefunden hat. Es ist bekanntlich eines der größten Schwerehochs NW-Deutschlands und soll nach *H. Reich* (1949) seine Ursache in basischen kristallinen Gesteinen eines in 4 km Tiefe gelegenen kaledonischen Massivs haben. Andererseits zeigt aber nach *C. W. Kockels* Feststellungen (*Teichmüller* 1950, S. 513) das gravimetrische Bild des Bramscher Massivs so viele Beziehungen zur saxonischen Tektonik des Osnabrücker Raumes, daß schon *M.* und *R. Teichmüller* Zweifel hegten, ob allein durch ein altes, in der Tiefe liegendes Massiv das ganze Problem des Bramscher Massivs gelöst würde und ob nicht etwa zur Erklärung dieser gravimetrisch-magnetischen Beziehungen zur saxonischen Tektonik das Bestehen „junger Intrusionen eisenreicher basischer Magmen innerhalb einer alten Narbe“ herangezogen werden müßte.

Geht man der Frage nach, ob Hinweise auf derartige in der Tiefe vorhandene Intrusivmassen im Bereich des Osnabrücker Raumes vorhanden sind, so kann man dies in mehrfacher Beziehung bejahen. Seit längerem schon sind von der auf dem Bramscher Massiv nördlich Ibbenbüren niedergedrungenen

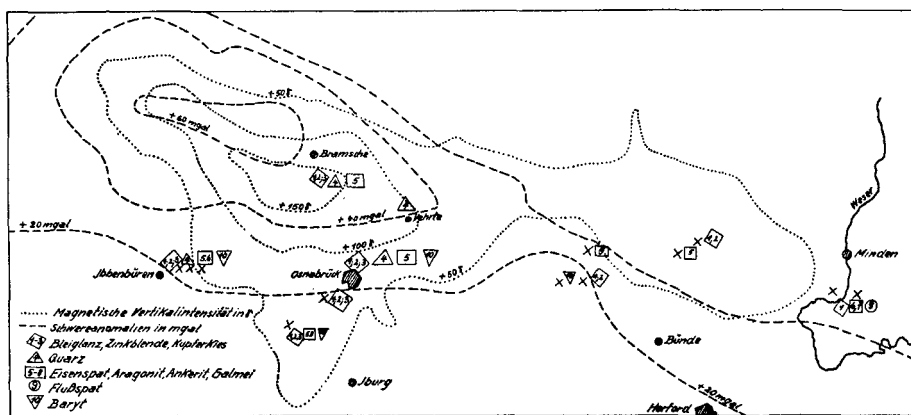


Abb. 3. Die Vorkommen der Kluft- und Geodenmineralien des Osnabrücker Raumes und ihre Lage zum Bramscher Massiv

Bohrung Limbergen I im Rotliegenden (bzw. Westfal D) durch *R. v. Gaertner* (1952/53) an Aragonit reiche Porphyritergüsse (basischer Andesit) mit Fritungszone bekannt. Diese Magmatite werden von *v. Gaertner* als Zeugen variskischen Vulkanismus betrachtet, während *M.* und *R. Teichmüller* (1950, S. 515) die Möglichkeit eines jungen Magmenaufstieges im Osnabrücker Raum als durchaus gegeben betrachten. Mit letzterer Auffassung stimmt altersmäßig ein Hornblendediabasgang überein, der durch *Voorthuisen* (1944) aus der Bohrung Oldenzaal westlich Bentheim im Wealden bekanntgeworden ist. Auch für den in der holländischen Bohrung Wanneperveen (westlich Meppel) im Rotliegenden angetroffenen hydrothermal veränderten Basalt, Dolerit,

Quarzdiorit sowie Olivingabbro wird eventuelles tertiäres Alter angenommen. Über bisher von holländischen Bohrungen angetroffene Magmatite gab jüngst *H. J. Fabian* (1955) eine sehr schöne Zusammenstellung. Diese vulkanischen Gesteine sind nach ihm „offenbar Zeugen eines relativ weitverbreiteten tertiären Magmatismus, der in der Tiefe steckengeblieben ist“.

Mit dem Magmatismus im Bereiche des Bramscher Massivs und seiner angrenzenden Gebiete hängen letzten Endes auch zusammen die zwischen Wiehengebirge und Osning bekanntgewordenen Mineralbildungen in Klüften, Geoden wie auch gewisse metasomatische Eisenerze. Bei den Kluftmineralien handelt es sich um Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies, Quarz, Eisenspat, Aragonit, Ankerit, Galmei, Flußspat und Baryt; bei den Geoden vornehmlich um Ausscheidung von Bleiglanz, Kupferkies, Quarz, Dolomit und Baryt. Da die Mineralien in der Umrandung der Karbondurchbrüche des Osnabrücker Raumes am Schafberg bei Ibbenbüren, am Hüggel und dem benachbarten Silberberg wie auch am Piesberg bei Osnabrück in Klüften und Gängen des Zechsteinkalkes auftreten bzw. diesen zum Teil metasomatisch vererzt haben, ist es bis zu einem gewissen Grade verständlich, daß *H. Schneider* sie als Auswirkung eines in der Tiefe verborgenen variskischen Magmatismus betrachtet. Jedoch schon *Thienhaus* wies in der Diskussion zu dem *Schneiderschen* Vortrag darauf hin, daß gleiche Mineralien auch in mesozoischen Ablagerungen an der Porta vorkommen. Ja, man kann südostwärts bis ins Eggegebirge weitergehen, ostwärts über das Wesergebirge bis in das Harzvorland von Hannover-Braunschweig und dort in jurassischen wie kretazischen Sedimenten sowohl in Klüften wie so und so oft auch in Geoden obige Mineralien noch nachweisen.

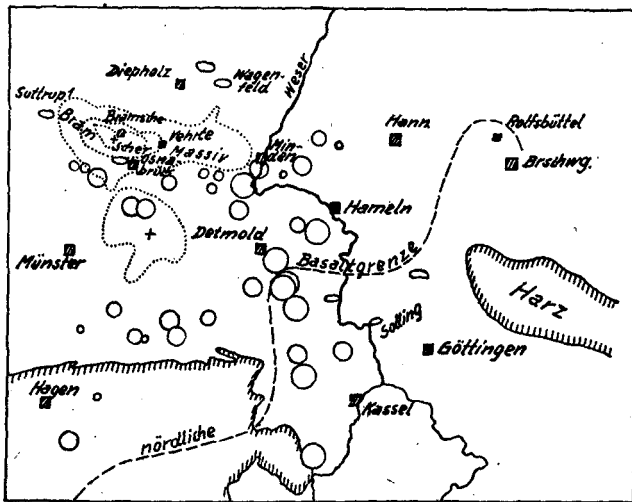
Es besteht wohl kaum ein Zweifel, daß diese obengenannten Mineralien hydrothermalen Entstehung sind. Sieht man sie unter dem Gesichtspunkt an, unter welcher Temperatur sie entstanden sind, so ist hier keine eindeutige Antwort zu geben. Nur einzelne, wie Eisenspat und Dolomit, sind eindeutig katathermal (374 bis 300 °C) oder wie Aragonit eindeutig telethermal (unter $\pm 90^\circ$).

Schon 1909 hat *E. Haarmann* das so auffällige Auftreten sulfidischer und karbonatischer Erzminerale im Osnabrücker Raum zusammen mit dem Vorkommen von CO_2 in den Kohlengruben des Piesberges genetisch mit basischem jüngerem Magma in Zusammenhang gebracht, das in nicht allzu großer Tiefe vorhanden sein dürfte. Vor wenigen Jahren (1953) konnte *F. Lotze* für diese Vererzungen den Nachweis erbringen, daß sie wirklich jung, nach ihm wohl alttertiär sind. *Lotze* führt sie auf einzelne Aufbrüche subvulkanischer Einzelintrusionen zurück.

Dieses Alter wird noch durch einige weitere geologische Hinweise unterbaut. Schon lange sind aus den Grubenbauen des Piesberges bei Osnabrück kohlen säurehaltige Quellen wie Kohlensäureausbrüche bekannt. Sieht man sich die Verbreitung der Kohlensäuerlinge auf einer Kartenskizze an, wie sie in Abb. 4 dargestellt ist (ergänzt nach einer Skizze von *K. Fricke*), so sieht man, daß das Verbreitungsgebiet der Kohlensäuerlinge sich mit dem obiger Mineralvorkommen mehr oder weniger deckt. Kohlensäure aber ist, worauf *G. Knetsch* zuletzt 1951 hingewiesen hat, das Entgasungsprodukt eines unter dem Exhalationspunkt in der Tiefe gelegenen, noch nicht vollkommen er-

kalteten vulkanischen Körpers. Da die günstigste CO_2 -Abgabe bei 200 bis 400°C liegt, dürfte der die nordwestdeutschen CO_2 -Vorkommen mit Kohlendioxyd beliefernde vulkanische Körper z. Z. wohl diese Temperatur besitzen.

Wie in der Eifel, der Schwabenalb und in anderen Gebieten, so besteht auch hier in NW-Deutschland eine enge Beziehung zwischen dem Auftreten von Kohlensäuerlingen und demjenigen von Basalten. Das nächste Basaltvorkommen von Osnabrück aus ist dasjenige von Sandebeck zwischen Bad



Mineralwässer mit freier Kohlensäure

- < 100 mg freie CO_2 in 1 Kg
- 100-500 " " CO_2 " 1 Kg
- 500-1000 " " CO_2 " 1 Kg
- 1000-2000 " " CO_2 " 1 Kg
- > 2000 " " CO_2 " 1 Kg
- CO_2 Vorkommen quantitativ unbekannter Menge

Abb. 4. Das Auftreten von freier Kohlensäure im Raume Osnabrück-Münster-Hannover-Braunschweig-Solling und deren Lage zum Bramscher Schweremassiv und zur nördlichen Basaltgrenze Niedersachsens. Erweitert und ergänzt nach einer Kartenskizze von K. Fricke

Driburg und Horn im Teutoburger Wald; es liegt in nächster Nähe einiger bedeutender Kohlensäuerlinge (Bad Meinberg usw.). Weiter östlich finden sich die Basaltvorkommen bei Uslar im Solling. Das nördlichste Basaltvorkommen in NW-Deutschland ist bei einer Kalibohrung am Rande des Salzstockes von Rolfsbüttel, 15 km nordwestlich Braunschweig, angetroffen worden. Sieht man von dem Kohlensäuerling von Bodenfelde am Solling sowie von einem durch meinen Schüler H. Meyer bei Gandersheim festgestellten kleinen Säuerling ab, so sind zwar solche im Solling und im Braunschweiger Raum nicht bekannt, wohl aber westlich Hannover, wo sie vom Deister an in Richtung Minden—Osnabrück immer häufiger und stärker auftreten. Hingegen dürften zwischen der den Rolfsbütteler Basalt speisenden Schmelze der Tiefe und der

kleinen Geothermischen Tiefenstufe, die in Bohrungen der weiteren Umgebung von Braunschweig—Rolfsbüttel festgestellt wurden, enge genetische Beziehungen bestehen. Die Geothermische Tiefenstufe beträgt nach *Fabian* (1955) in der Bohrung Rühme (6 km nördlich Braunschweig) 20,8 m, in den Bohrungen Edesse N (15 km westlich Rolfsbüttel) gar nur 16,3 m.

Die Untersuchungen der Karbon- wie der Wealdenkohle im Osnabrücker Raum durch *M. und R. Teichmüller* (1950, S. 151) haben zum anderen gezeigt, daß bei der Karbonkohle die Inkohlung von Ibbenbüren bzw. von Hüggel aus zum Piesberg hin rasch steigt, ebenso analog in gleicher Richtung auch bei der Wealdenkohle, so daß letztere in der Bohrung Bohmte ostnordöstlich Osnabrück sogar als Anthrazit ausgebildet ist. *M. und R. Teichmüller* führen diese Steigerung der Inkohlung auf Zunahme der Versenkungstiefe der Kohlenflöze und auf Zunahme magmatischer Wärme zurück, also auf eine durch junge Intrusionen basischer Magmen (*Teichmüller* 1951, S. 83/84) bedingte kleine Geothermische Tiefenstufe.

In NW-Deutschland gibt es freilich so und so viele erbohrte Posidonien-schiefer, bei denen die einst mächtige Überlagerung des Lias Epsilon durch jüngere mächtige Sedimente zu keiner Umwandlung in „Schwarze Kreide“ geführt hat. Messungen der Geothermischen Tiefenstufe in der nördlich Vehrte gelegenen Bohrung Kalkriese durch Dr. *Forche* ergaben eine Geothermische Tiefenstufe von 22,3. Weitere durch *Fabian* (1955) gesammelte Werte ergaben für die Bohrungen St. Hülfe 1 und 2 (nordöstlich Diepholz) 17,3 m bzw. 18,5 m, für das Ölfeld Quackenbrück 22,4 m und für die Bohrung Menslage 3 (nordwestlich Quackenbrück) 22,4 m.

Schon *M. und R. Teichmüller* folgerten aus dem kleinen Wert für Bohrung Kalkriese, daß dieser letzten Endes nur magmatisch bedingt sein kann. Es ist dies eine Folgerung, zu der auch *Fabian* mit seinen weiteren Werten der Geothermischen Tiefenstufe für den Raum nördlich Osnabrück gekommen ist. Zieht er doch den Schluß, „daß im Bereich des Bramscher Massivs in der Tiefe ausgedehnte Gesteinskörper stehen müssen, über denen wohl noch heute eine stärkere Wärmeausstrahlung vorhanden ist“.

Es liegt mir fern, hier darüber zu diskutieren, ob Thermometamorphose vorherrschend den Inkohlungsprozeß der Wealdenkohle verursacht hat oder nicht. Da jedoch das Verbreitungsgebiet der Vehrter „Schwarzen Kreide“ sich deckt mit demjenigen der starken Inkohlung des Osnabrücker Raumes, gilt auch für erstere die Frage, ob ihre Entstehung in ursächlichem Zusammenhang mit der relativ kleinen Geothermischen Tiefenstufe des Gebietes gestanden hat. Für die „Schwarze Kreide“ möchte ich jedoch einen wesentlichen genetischen Zusammenhang zwischen dieser und der kleinen Geothermischen Tiefenstufe des Osnabrücker Raumes, also eine rein durch kaustische Metamorphose bedingte Entstehung der „Schwarzen Kreide“, aus folgender Überlegung verneinen.

Aus dem Vorgelände der Schwäbischen Alb zwischen Gomaringen-Reutlingen-Kirchheim u. T. ist auf Grund von Messungen in Bohrlöchern bekannt, daß dort die Geothermische Tiefenstufe sehr klein ist, streckenweise um 100% kleiner als im Bohrloch Kalkriese bei Osnabrück. So beträgt sie in der Bohrung Gomaringen 16,5 m, in den Bohrungen bei Grafenberg unweit Mezingen 11,4 m und in der bekannten Bohrung Neuffen 11,1 m.

Der ursächliche Zusammenhang zwischen dem obermiozänen Oberflächen-vulkanismus der Schwabenalb und dessen nach *H. Schneiderhöhn* (1934) in rund 2000 m gelegenen, noch heute Wärme ausstrahlende Schmelzherd einerseits und andererseits der so kleinen Geothermischen Tiefenstufe ist außer allem Zweifel. Trotz dieser so kleinen Geothermischen Tiefenstufe zeigt der im Raume Reutlingen-Metzingen-Kirchheim stellenweise sehr gut erschlossene oberliassische Ölschiefer nicht die geringsten Zeichen von Metamorphose in Art der „Schwarzen Kreide“. Auf Grund dieser Vergleichsüberlegungen dürfte rein thermische Metamorphose bei der Entstehung der Vehrter „Schwarzen Kreide“ kaum Bedeutung gehabt haben.

6. Folgerungen

Betrachtet man diese ganzen, eben gebrachten Hinweise hinsichtlich der Entstehung der „Schwarzen Kreide“, so zeigt sich folgendes: Die im Bereiche des Bramscher Massivs gelegenen Schwarzkreidevorkommen von Vehrte unterscheiden sich gegenüber den gewöhnlichen Ölschiefen des Toarcien u. a. durch ihren hohen Titangehalt. Ebenso wie die Kluftminerale des sonstigen Osnabrücker Raumes und die dort vorkommenden Mineralausscheidungen in den Geoden sekundär-azsender Entstehung sind, so handelt es sich auch bei dem Titan der Vehrter „Schwarzen Kreide“ sicherlich um sekundäre Zufuhr aus der Tiefe, mag auch vorerst unbekannt sein, in welcher mineralogischen Form das Titan vorkommt. Überlegt man sich aber die verschiedenen Möglichkeiten, unter denen es zur Zufuhr von Titan kommen kann, so spricht alles für die Annahme, daß das Titan von Vehrte hydrothermal entstanden ist. Da es sich bei diesem Entstehungsprozeß um Temperaturen von 400 bis 100 °C gehandelt hat, andererseits bekannt ist, daß quantitativ bei dieser Entstehung mengenmäßig eine Ti-Abnahme von höherer zu niedriger Temperatur stattfindet, so geht man wohl bei dem relativ hohen Titangehalt der „Schwarzen Kreide“ nicht fehl in der Annahme, daß die hydrothermale Ausscheidung nur bei höherer Temperatur erfolgt ist.

Ebenfalls hydrothermal bei höheren Temperaturen ist bei der Vehrter „Schwarzen Kreide“ ein großer Teil des Pyrits entstanden, und zwar vor allem die in Drusen abgeschiedenen Pyritkristalle, während die weiter obenerwähnten, in der Grundmasse auftretenden kleinen Pyritkonkretionen von nur einigen μ Größe wohl primäre bzw. primär diagenetische Bildungen darstellen. Hydrothermal gebildet sind auch die gegenüber den Pyritkristallen anscheinend nur wenig später ausgeschiedenen Quarze mancher Geoden.

Durch hydrothermale Prozesse erfolgte auch die Entkalkung des Gesteins. Es besteht nicht der geringste Zweifel, daß analog wie anderwärts die oberliassischen Gesteine einen primären Kalkgehalt je nachdem von 12 bis 40 % hatten und daß erst durch hydrothermale Vorgänge sekundär eine Entkalkung stattgefunden hat. Bei diesen Prozessen dürften auch die in der Schichtfolge enthaltenen Toneisensteingeoden und -lagen entkalkt und in Lehme umgewandelt worden sein. Dabei erhielt das Gestein seine typische schwarz-abfärbende Eigenschaft. Wieweit und in welcher Form das Bitumen, von dem freien Kohlenstoff abgesehen, metamorphisiert vorliegt, konnte nicht festgestellt werden. Jedoch spricht so manches (z. B. der gegenüber anderen

oberliassischen Ölschiefen beim Verschwelen nicht oder kaum vorhandene Teergehalt) für eine Metamorphose des ursprünglichen Bitumens.

Unter Auswertung aller für die Frage der Entstehung der Vehrter „Schwarzen Kreide“ heranziehbaren geologischen Hinweise und Überlegungen ergibt sich unbedingt ein genetischer Zusammenhang zwischen post- bzw. kryptovulkanischen hydrothermalen Prozessen und der Genese der „Schwarzen Kreide“. Altersmäßig hat sich die Umwandlung der Ölschiefer in die jetzige „Schwarze Kreide“ relativ spät, erst im Gefolge des tertiären Magmatismus vollzogen. Schon Lotze hat 1953 für die Entstehung der Erze des Osnabrücker Raumes altersmäßig die Tuffe der Molerformation Dänemarks herangezogen, eine Annahme, die auch für unsere Überlegungen kurz diskutiert werden muß. Diese untereozäne Tuffitserie ist durch die Erdölbohrungen des letzten Jahrzehnts auch aus dem Emsland, aus Südoldenburg und der Gegend des Steinhuder Meeres nachgewiesen, also aus der nächsten Nachbarschaft des Bramscher Massivs. Nach H. Illies stammen die zum Teil basaltähnlichen Tuffite aus intermediärer Schmelze und sind reich an zahlreichen Pyritkörnern von 0,2 bis 0,5 mm. Der hohe Pyritgehalt ist also ähnlich wie bei der „Schwarzen Kreide“.

Dieser alteozäne Magmatismus hat sich wohl nur nördlich des Bramscher Massivs als Oberflächenvulkanismus vollzogen. Im Bereich des Bramscher Massivs aber, also im Osnabrücker Raum, waren es wohl nur Subvulkane, die zu Mineralbildungen wie zu verschiedenen metamorphen Veränderungen Anlaß gegeben haben, eventuell auch zur Entstehung der titanreichen Vehrter „Schwarzen Kreide“. Das alttertiäre Alter dieser postvulkanischen Prozesse ist freilich nicht vollkommen sicher; denn es muß auch bedacht werden, daß ja der Basaltvulkanismus bei Kassel wie im anschließenden Solling und im Eggegebirge erst obermiozän ist. Es ist daher sehr wohl möglich, daß ein Teil der postvulkanischen Bildungen des Osnabrücker Raumes, darunter auch die Vehrter „Schwarze Kreide“, erst im Gefolge des obermiozänen Vulkanismus entstanden ist.

Literatur

- [1] Ernst, W., Zur Stratigraphie und Fauna des Lias ζ im nordwestlichen Deutschland, Palaeontographica Bd. 65, 1923.
- [2] Faber, G., Recherches en vue de la possibilité d'une Exploitation industrielle du chiste bitumineux du Toarcien dans le Grand-Duché de Luxembourg. Service géologique de Luxembourg. Luxembourg 1947.
- [3] Fabian, H. J., Oberkarbon und Rotliegendes in neueren Bohrungen im Münsterland sowie in der östlichen und nördlichen Umrandung der Rheinischen Masse. Erdöl und Kohle 1954.
- [4] Fabian, H. J., Carbon-Ratio-Theorie, geothermische Tiefenstufe und Erdgas-Lagerstätten in Nordwestdeutschland, ebenda 1955.
- [5] Fricke, K., Herkunft des Salz- und Kohlensäuregehaltes der Mineralwässer im weiteren Ruhrgebiet. Bergbaurundschau Jg. 4, 1952.
- [6] v. Gaertner, H. R., Petrographische Bearbeitung des Rotliegenden aus der Untersuchungsböhrung Limbergen I. Z. dtsh. geol. Ges. 104, 1953.
- [7] Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie. 8. Aufl. System-Nummer 41. Titan. Weinheim 1961.
- [8] Haarmann, E., Die geologischen Verhältnisse der Piesbergachse bei Osnabrück. Jb. pr. Geol. L. A. 30, 1909.

- [9] *Heidorn, F.*, Palaeogeographisch-tektonische Untersuchungen im Lias Zeta von Nordwestdeutschland. N. Jb. f. Min. Beil. Bd. L IX Abt. B. 1928.
- [10] *Hofmann, K.*, Der Jura von Hellern bei Osnabrück und seine palaeogeographische Bedeutung. Z. d. D. geol. Ges. 104, 1952/1954.
- [11] *Illies, H.*, Die Lithogenese des Untereozäns in Nordwestdeutschland. Mitt. Geol. Staatsinstitut Hamburg. H. 18, 1949.
- [12] *Knetsch, Gg.*, in *M. Hopmann, J. Frechen u. Gg. Knetsch*, Die vulkanische Eifel. Wittlich 1951.
- [13] *Kumm, A.*, Das Mesozoikum in Niedersachsen. I. Abt. Trias u. Lias. Oldenburg 1941.
- [14] *Lotze, F.*, Das Alter der Erzvorkommen des Osnabrücker Gebiets im Verhältnis zur Tektonik. N. Jb. f. Geol. Mon.-H. 1953.
- [15] *Schneider, H.*, Über einige Beziehungen der Erzvorkommen im Osnabrücker Raum zum varistischen Magmatismus. Z. d. D. geol. Ges. 104. 1952 (1953).
- [16] *Schneiderhöhn*, Das Vorkommen von Titan, Vanadium Chrom, Molybdän, Nickel und einigen Spurenmetallen in deutschen Sedimentgesteinen. N. Jb. f. Min. etc. Monatshefte. Abt. A 1949.
- [17] *Stieler, C.*, Über die oberliassische „Schwarze Kreide“ von Vehrte bei Osnabrück. Z. d. D. geol. Ges. 75 (1923) 1924.
- [18] *Teichmüller, M. u. R.*, Das Inkohlungsbild des Niedersächsischen Wealden-Beckens. Ebenda. 100 (1948) 1950.
- [19] *Teichmüller, M. u. R.*, Inkohlungsfragen im Osnabrücker Raum. N. Jb. f. Geol. u. Pal. Mon.-H. 1951.
- [20] *Teichmüller, M. u. R.*, Metamorphose der Kohle. Geol. R. 42, 1954.
- [21] *Trenkner, W.*, Die jurassischen Bildungen der Umgegend von Osnabrück. Jber. Naturw. V. zu Osnabrück 1870/71.
- [22] *Trenkner, W.*, Die Juraschichten von Bramsche, Westerkappeln u. Ibbenbüren. Z. d. D. Geol. Ges. 1872.
- [23] *Trenkner, W.*, Die geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Osnabrück. Osnabrück 1881.